水稻不同環境乾物質生產性狀之品種間差異[1]

蔡　金　川[2]

摘要：本試驗以稉秈稻各十五個品種爲材料，分別於臺北及臺中進行兩期作之田間試驗，並於孕穗期、抽穗期、乳熟期及糊熟期取樣，測定葉片氮素濃度、葉面積及總乾物重，並求葉面積指數（LAI）、葉面積持續期（LAD）、作物生長速率（CGR）及淨同化率（NAR）。目的在瞭解水稻品種於不同期作或地區間，對於乾物質生產性狀之表現狀況，及其品種間之差異，以明瞭二期作低產的要因，所得試驗資料，俾供育種及栽培之參考。

試驗期間之氣象條件，第一期作移植期之低氣溫、低日射量至收穫期之高氣溫、高日射量，第二期作恰好相反，即由初期之高氣溫、高日射量變成末期之低氣溫及低日射量，而臺中地區兩期作之日夜溫差大於臺北地區，並且除了一期作收穫期之外，臺中地區之日射量皆高於臺北地區。

由試驗結果得知，秈稉型品種第一期作之總乾物重、LAD 及 CGR 高於第二期作，又臺中大於臺北地區。這些乾物質生產性狀與產量呈現顯著性之正相關，並出現期作間或地區間之差異，及品種間差異大部份達 1 %水準的顯著性差異。

不論期作或地區皆表現高產，臺農67號、臺南 5 號、臺東29號、臺中秈10號及嘉農秈11號等品種，這些高產品種具有較高的總乾物重、LAD、CGR，並且乾物質生產性狀（乾物重、LAD、CGR）之期作間、地區間亦出現正的品種相關係數，這表示對不同環境有穩定性之表現，因此以總乾物重、LAD 及 CGR 可當爲育成高產品種選拔指標。

關鍵詞：乾物質生產、葉面積指數、葉面積持續期、作物生長速率、淨同化率。

以往之報告如林[1]、吳[3]、黃[7]及鄖[9]等認爲第二期作的產量較第一期作約低15%～25%，而前報[13]所述臺中地區的產量較臺北地區爲高。

爲探討上述之期作間及地區間水稻產量差異之機制，與產量潛能有密切關係之乾物質生產性狀之期作間及地區間差異之變化，作爲解釋其產量差異之要因。本試驗以秈稉型各15個品種爲材料，第一、二期作分別種植於臺北、臺中地區，比較期作間、地區間之乾物質生產性狀之差異，並探討其性狀之品種間差異。所得試驗資料可供育種及栽培之參考。

材料與方法

本試驗以秈稉稻各15個品種爲材料，其中稉稻有：臺中186號、高雄選 1 號、豐錦、臺北309號、臺農62號、臺農67號、嘉農242號、臺南 5 號、臺南 5 號、臺南 6 號、高雄139號、新竹56號、臺中65號、嘉南 8 號、高雄140號、臺東29號，秈稻有：包葉菊、矮腳南特、夾葉青 8 號、珍珠矮11號、南早32號、新竹矮腳尖、臺中再來 1 號、臺中秈2號、臺中秈10號、嘉農秈 8 號、嘉農秈11號、臺農秈

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第1701號。
2. 本所農業工程系副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

12號、高雄秈 7 號、臺中秈 3 號、嘉農秈 6 號。第一、二期作分別於臺北地區（國立臺灣大學附屬試驗農場）與臺中地區（臺中縣霧峰鄉本所試驗農場）栽培試驗。第一期作之挿秧日期在臺北與臺中分別爲1981年 3 月10日及 2 月14日，第二期作分別爲1980年 8 月 4 日及 7 月28日。移植時之行株距爲25×25cm，採多本植，小區面積爲 8 m^2，重複三次，採用逢機完全區集設計。肥料（N：P_2O_5÷:K_2O）用量在第一期作爲134：58：54 kg／ha，第二期作爲122：45：51kg／ha；其他栽培管理依一般慣行法行之。

水稻生育期間於孕穗、抽穗、乳熟及糊熟四時期分別自田間採三小區十八叢之稻株，洗淨後立即採葉片，以自動測定儀測葉面積，前去根部後把樣品放在100°C下通風乾燥箱 1 ～ 2 小時後，再以80°C處理至完全乾燥，秤量全乾物重，用全乾物重與葉面積以下列公式求葉面積指數（LAI）、葉面積持續期（LAD）、作物生長速率（CGR）與淨同化率（NAR）。

LAI＝N X LA （N：單位面積之株數， LA： 1 株的葉面積）

$$LAD=\frac{LAI_2-LAI_1}{InLAI_2-InLAI_1}\cdot(t_2-t_1)^{(17)}$$

$$CGR=\frac{W_2-W_1^{(17)}}{t_2-t_1)}\qquad NAR=\frac{(W_2-W_1)(InA_2-InA_1)^{(17)}}{(t_2-t_1)(A_2-A_1)}$$

以上，N 爲單位面積之株數，LA 爲 1 株的葉面積，t_1 及 t_2 分別爲前後採樣時期，W_1 及 W_2 爲各時期所得之全乾物重，LA 爲 A_1，A_2。

結　果

試驗結果分兩部份說明，即不同環境（期作與地區）水稻生育之氣象因子（氣溫、日射量）變化，並敍述生育期間之孕穗、抽穗、乳熟及糊熟四個時期之乾物質生產性狀。分別說明如下：

一、水稻生育期氣象因子之變化

如圖 1 所示，稻作試驗進行期間由第一期作之移植低氣溫、低日射量至收穫期之高氣溫、高日射量，而第二期作移植期到收穫期之氣溫及日射量變化，與第一期作恰好相反，即由高氣溫、高日射量而低氣溫、低日射量。

第二期作移植後水稻營養生長期間，平均氣溫及平均最高氣溫多以臺中地區較高。抽穗後穀粒充實期的溫度（平均氣溫、平均最高氣溫）無論一、二期作，亦以臺中地區高於臺北地區，經由比較平均最高與最低氣溫的差距，顯示臺中地區有較大的溫差，可能有利於穀粒充實；第一期作挿秧後至抽穗期間之平均溫度而言，臺中地區之平均最低溫度略高於臺北地區，但平均溫度及平均最高氣溫則較高，亦即可能具有較大之日夜溫差。

期作與地區間的日射量比較資料亦列於圖 1，除七月份收穫期外，其他月份之平均日射量均明顯以臺中地區爲高，其差距尤以第一期作之營養生長期及第二期作之穀粒充實期爲大。就期作間之比較而言，水稻在生育前期所接受之日射量以第二期作爲高，但生育後期則以第一期作爲高，其最大差距可達100 cal・cm^{-2}・day^{-1} 以上，而兩期作之地區間差距亦如此。

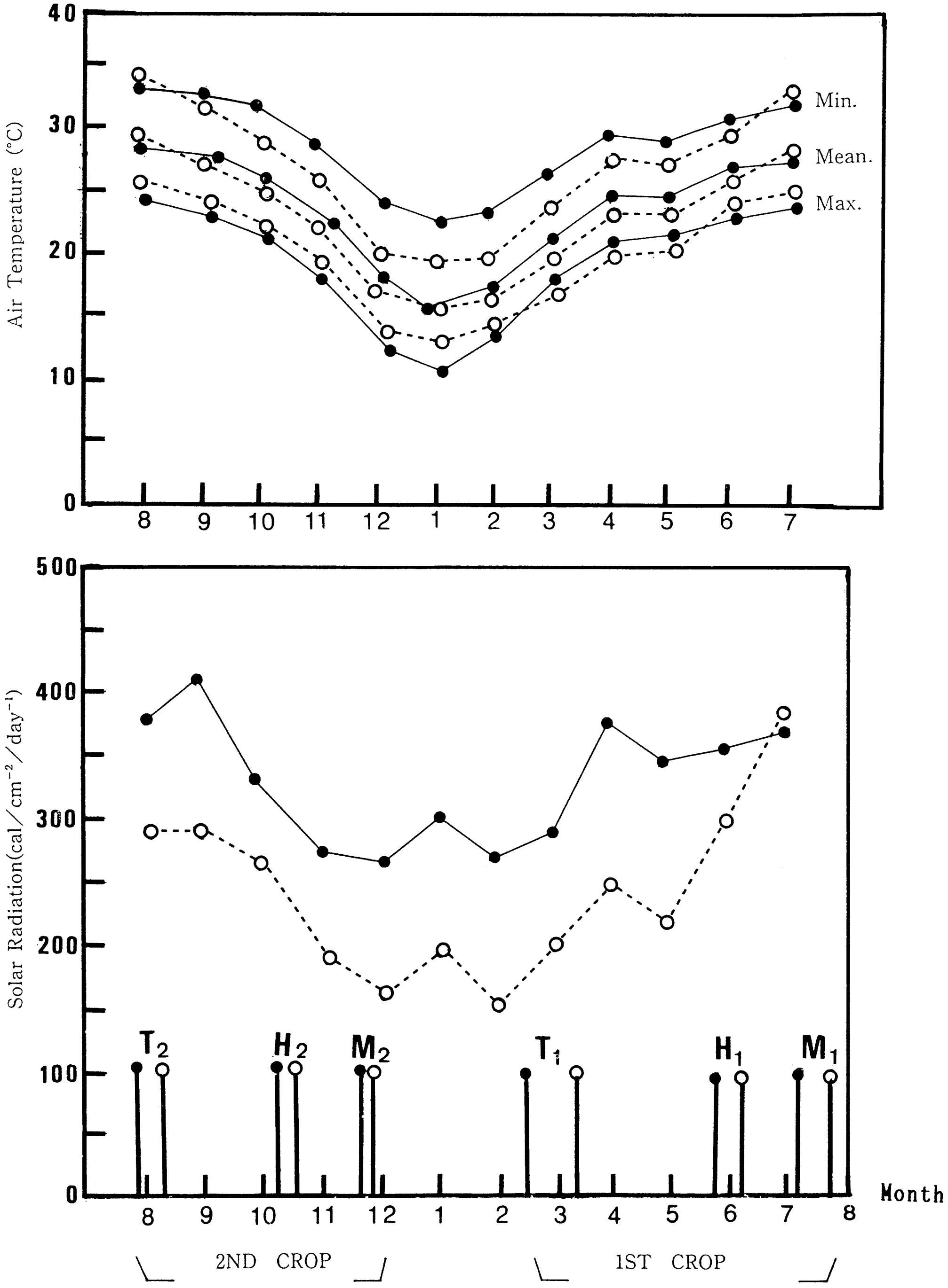

圖1. 臺北（○）及臺中（●）地區稻作試驗期間平均氣塭與日射量變化

Fig. 1. Changes of monthly means of air temperature and solar radiation during the experimental period
○ : Taipel area, ● : Taichung area, T1 and T2 : transplanting time in the 1st and 2nd crops, respectively.
H1 and H2 : heading time in the 1st and 2nd crops, respectively. M1 and M2 : maturing time of the 1st and 2nd crops, respectively.

二、乾物質生產性狀

乾物質生產性狀之變方分析列於表 1，由 F 值知，期作、地區、品種各變因之效應大部份達極顯著性水準，而絕大多數變因間之交感作用(期作 x 地區，期作 x 品種，地區 x 品種)亦極顯著。

表1. 臺北及臺中地區稉型與秈型水稻品種之乾物質生產性狀之變方分析

Table 1. Analysis of variance for characters related to dry matter prodution of Japonica and Indica rice cultivated in Taipei and Taichung areas

Soure of Variation	df	Total Dry Wt. at Maturity	Leaf Area Index at Heading	Leaf Area Duration[z]	Leaf N Conc. at Heading	Crop Growing Rate[y]	Net Assimilation Rate[y]
				Mean square			
Crop(C)	1	2,670.02**	90.24**	1,381.80**	19.55**	327.70**	1.13*
Location(L)	1	16,916.70**	0.03	170.98**	400.40**	81.54**	8.87**
L × C	1	14.00*	50.85**	254.32**	6.09**	8.32**	13.00**
Error	8	0.97	0.13	0.22	0.001	0.03	0.13
Variety (V)	29	32.35*	1.61**	22.54**	1.01**	14.50**	0.57**
Japonica	14	33.80**	0.85**	22.48**	0.49**	10.34**	0.38**
Indica	14	32.78**	2.30**	24.19**	1.05**	24.06**	0.47**
Japonica VS Indica	1	6.80**	2.29**	0.43*	7.79**	43.05**	4.52**
C × V	29	2.38**	0.67**	4.85**	0.20**	2.10**	0.18**
L × V	29	12.64**	0.16**	9.29**	0.51**	5.24**	0.24**
Error	261	0.54	0.05	0.15	0.001	0.04	0.04

* and ** are significant at 5 % and 1 % levels, respectively.
[z] from heading to milky stage.
[y] from booting to dough stage.

(一)孕穗期至糊熟期之總乾物重、LAI、LAD 及葉片氮素濃度之變化

1. 期作間、地區間之差異

圖 2 及圖 3 顯示，總乾物重隨著生育時期之移動而增加，而其他性狀反而出現遞減之趨勢。期作間之比較，第一期作之總乾物重、葉面積指數及葉面積持續期（後兩者，臺北地區之乳熟期一糊熟期除外）皆高於第二期作。而葉片氮素濃度與這呈現相反的趨勢。至於地區之比較，臺中地區之總乾物重皆比臺北地區大，葉片氮素濃度與此出現相反的結果。葉面積指數及葉面積持續期，第一期作則臺中地區較臺北地區高，而第二期作正好相反，即臺北地區較高。

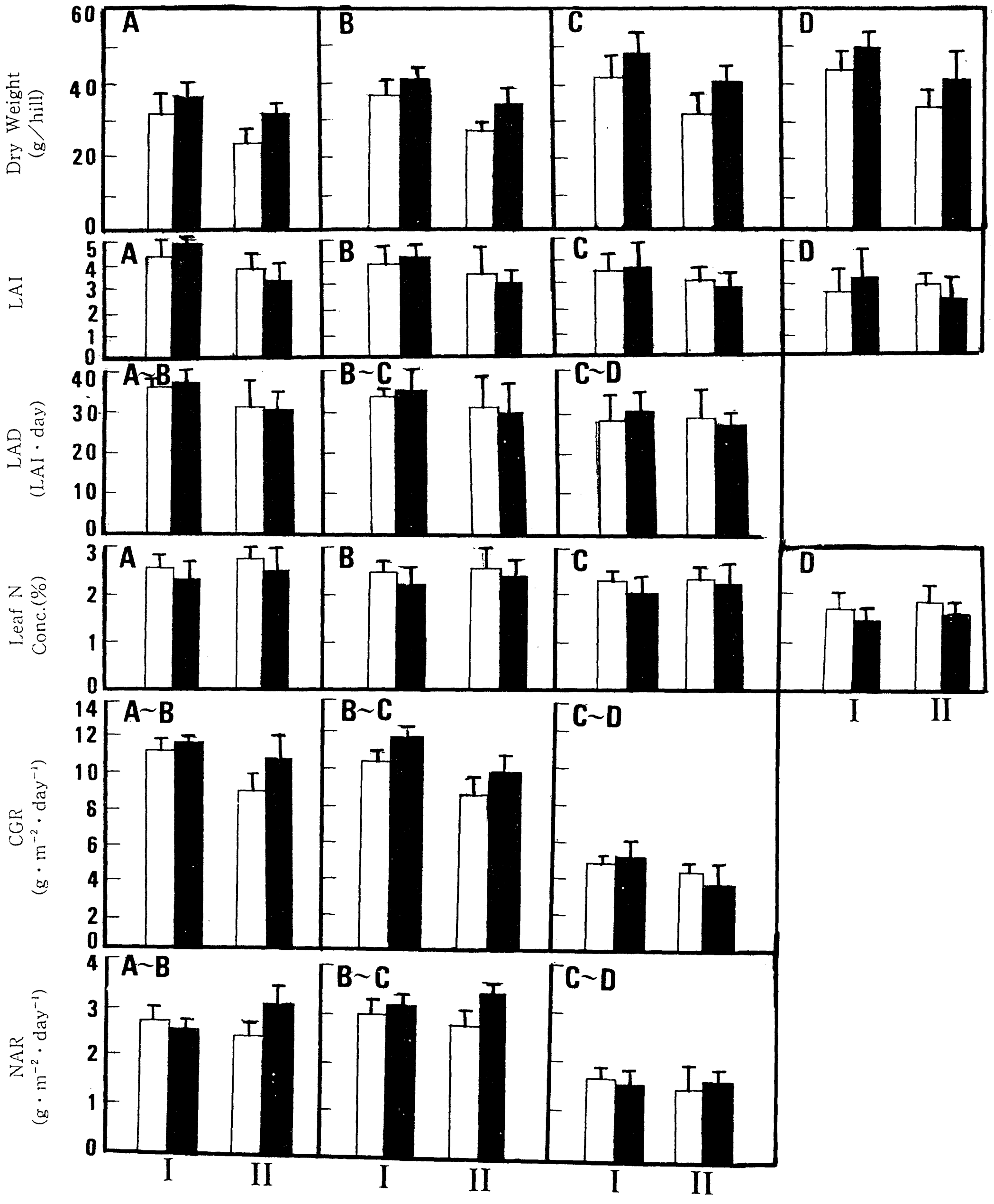

圖2. 稉型水稻品種各生育時期（孕穗期～糊熟期）之總乾物重，葉面積指數，葉面積持續 期、葉片含氮濃度（%）、作物生長速率（CGR）及淨同化速度（NAR）之變化（15品種之平均值）

Fig. 2. Changes of total dry weight, leaf area index (LAI), leaf area duration (LAD), leaf N concentration (%), crop growth rate (CGR) and net assimilation rate (NAR) of Japonica rice cultivare stages of developmetn.
Results are means of 15 cultivars.
A : booting stage ; B : heading stage ; C : milk-ripe stage;
D : dough stage. I : 1st crop, II : 2nd crop, □ : Taipei ;
■ : Taichung

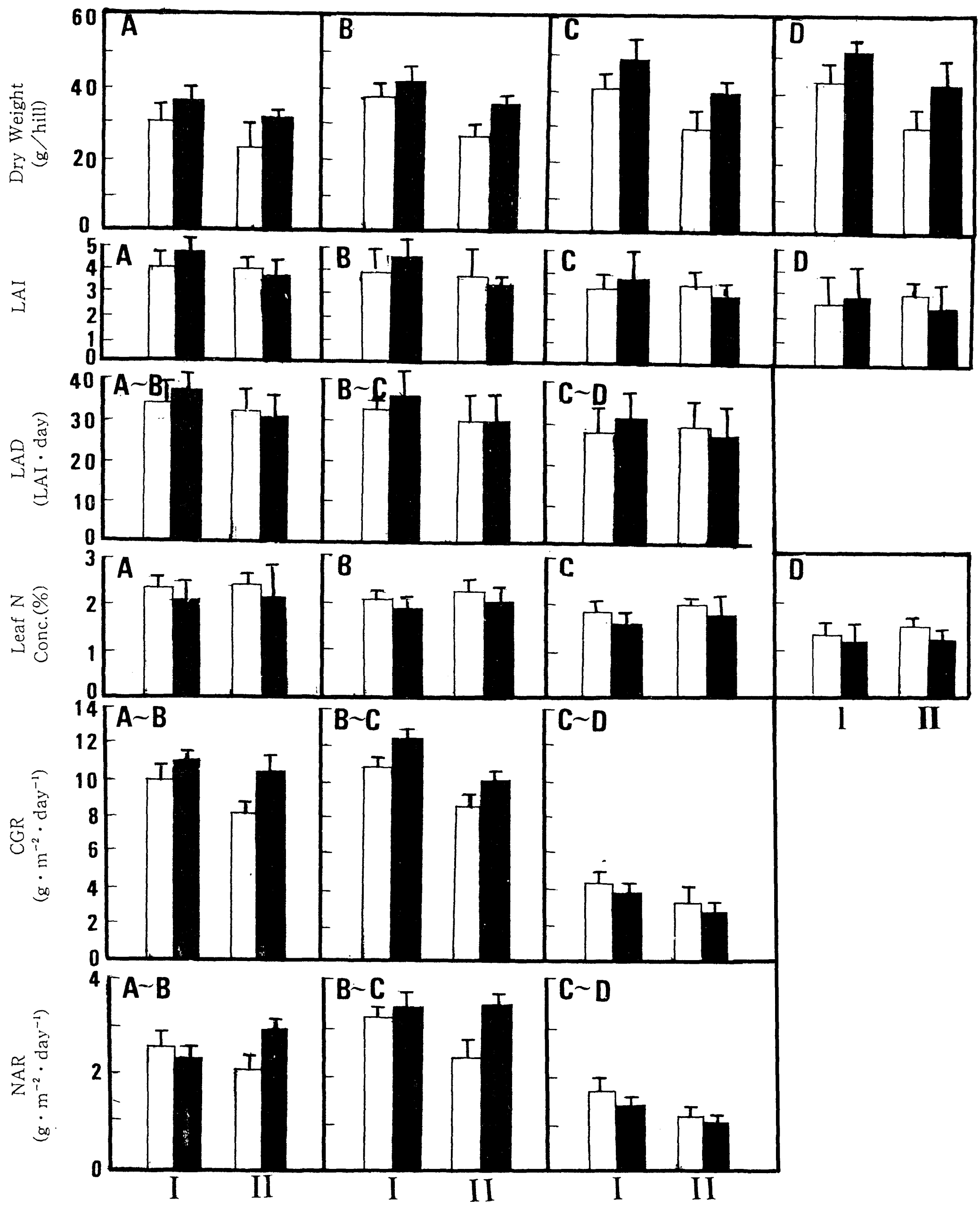

圖3. 秈水稻品種各生育時期（孕穗期～糊熟期）之總乾物重，葉面積指數，葉面積持續期、葉片含氮濃度（%）、作物生長速率（CGR）及淨同化速率（NAR）之變化（15品種之平均值）

Fig. 3. Changes of total dry weight, leaf area index (LAI), leaf area duration (LAD), leaf N concentration (%), crop growth rate (CGR) and net assimilation rate (NAR) of Indica rice culrivars stages of development. Results are means of 15 cultivars. Refer to Fig. 2 for description of symbols.

2. 品種間差異

表 2 及表 3 顯示，不論任何期作或地區皆表現高產之品種，大部份其LAI、LAD 及總乾物重亦較高之趨勢，特別是 LAD 與總乾物重之品種間大小順序與產量高低很一致，而低產品種嘉南 8 號及臺中秈 2 號之 LAI、LAD 與總乾物重亦低，由表 6 可看出與這些乾物質生產性狀與產量皆呈現正相關，其中總乾物重與LAD 間之相關係數皆較其 LAI 間之相關係數爲高。其他期作性之高產品品種，如第一期作之高雄秈 7 號，第二期作之豐錦、臺農秈12號，亦是總乾物重及葉面積持續期出現較高的趨勢。由以上結果可知這兩種乾物質產生性狀對於高產品種，具有莫大的重要性，可當爲選拔高產品種之指標。

高產品種如臺農67號、臺南 5 號、臺中秈10號、嘉農秈11號之乾物質生產性狀（總乾物重、LAI、LAD）在兩期作或兩地區表現大致相同，即一期作高值，二期作亦提高的傾向（表 2 ，表 3 ），而低產品種嘉農242號、嘉南 8 號、南早32號、臺中秈 2 號之乾物質生產性狀兩期作皆出現較低的趨勢，其他品種亦大致如此。地區間（臺北、臺中）亦有同樣傾向，即某品種於臺北出現高或低的乾物質生產性狀，則臺中亦會有較高或較低值表現，由此可知，品種對於環境間乾物質生產性狀（總乾物重，LAI 及 LAD）之反應相當穩定。因此總乾物重、LAD 之環境間（期作或地區間）之品種相關係數，不論期作間或地區間皆呈現正相關（圖 4 ）。

表 2. 臺北及臺中地區稉型水稻品種之乾物質生產性狀

Table 2. Characters related to dry matter production for 15 Japonica rice cultivars cultivated in Taipei and Taichung areas

Cultivar	Dry Wt. at Harvest (g/hill)				Leaf Area Index at Heading				Leaf Area Duration^y (day)				Leaf N (%) at Heading			
	1st Crop		2nd Crop		1st Crop		2nd Crop		1st Crop		2nd Crop		1st Crop		2nd Crop	
	TP	TC	TP	TC	TP	TC	TP	TC	TP	TC	TP	TC	TP	TC	TP	TC
早熟品種																
1. 臺中186號	920b^z	976hi	882bc	950fg	4.15d	3.97de	3.61cd	3.24e	33.3fg	33.7j	33.8b	31.6e	3.10d	2.71a	3.49c	2.50c
2. 高雄選 1 號	858d	962i	836fg	928g	4.10de	4.58ab	3.50efg	3.59a	30.2k	35.1gh	29.6g	30.7f	3.30a	1.94l	3.10h	2.15i
3. 豐錦	890c	1,024ef	866bcd	1,006cd	4.20cd	4.44abc	3.79b	3.62a	33.6ef	36.1ef	33.1c	32.7abc	3.20bc	2.57c	3.22fg	2.60a
中熟品種																
4. 臺北309號	932b	1,042de	862cde	988de	4.28bc	4.64a	3.68c	3.36bcd	35.2b	35.5fg	33.0c	29.2gh	2.78h	2.01jk	3.24fg	2.25g
5. 臺農62號	928b	1,110b	868bcd	1,006cd	4.04ef	4.53ab	3.58de	3.01g	34.5c	39.3a	32.3d	29.8g	2.73hi	2.06hi	3.59b	2.48c
6. 臺農67號	952a	1,142a	886ab	1,106a	4.37ab	4.59a	3.90a	3.37bcd	36.6a	38.9a	34.7a	33.4a	2.86g	2.02j	3.25f	2.15i
7. 嘉農242號	894c	966hi	842efg	934fg	3.78g	3.91e	3.34hi	3.21ef	32.9gh	34.1ij	30.4f	28.6h	2.71i	2.08h	3.12h	2.45d
8. 臺南 5 號	926b	1,102b	868bcd	1,028bc	3.95f	4.21bcd	3.46fg	3.41b	34.5cd	37.6b	31.1e	32.6bc	3.17c	2.27e	3.24fg	2.55b
9. 臺南 6 號	926b	1,022ef	858def	994de	3.84g	4.12cde	3.53def	3.33d	33.9de	36.4de	30.5f	32.1cde	3.23b	2.22f	3.26f	2.01j
10. 高雄139號	888c	1,006fg	838fg	986de	4.12de	4.63a	3.49fg	3.39bc	31.0j	36.3e	29.4g	32.4bcd	2.95ef	2.67b	3.72a	2.32f
晚熟品種																
11. 新竹56號	922b	1,004fg	856def	944fg	3.80g	4.10cde	3.22j	2.97g	34.5c	34.1ij	31.6e	27.8i	2.90fg	2.18g	3.58b	2.35e
12. 臺中65號	892c	1,044de	852defg	996cde	4.14de	4.29abcd	3.26ij	2.88h	33.1fg	34.5hi	31.4e	29.8g	2.98e	2.39d	3.41d	2.35e
13. 嘉南 8 號	888c	990gh	836fg	966ef	3.75g	4.06de	3.43g	3.17f	32.5h	34.0ij	29.3g	29.2gh	3.00e	1.98k	3.41d	2.22h
14. 高雄140號	886c	1,060cd	832g	986de	4.16d	4.04de	3.42gh	2.89h	31.8i	37.3bc	29.1g	31.8de	2.78h	2.26e	3.20g	1.98k
15. 臺東29號	934b	1,076c	906a	1,048b	4.42a	4.66a	3.45fg	3.35cd	36.5a	36.9cd	34.3ab	32.9ab	3.11d	2.04ij	3.36e	2.14i
Mean	909	1,035	859	991	4.07	4.32	3.51	3.25	33.6	36.0	31.6	31.0	2.99	2.23	3.35	2.30
SD	25.5	54.6	21.1	46.4	0.21	0.27	0.18	0.23	1.81	1.78	1.89	1.78	0.19	0.25	0.18	0.19
CV (%)	2.81	5.28	2.46	4.68	5.19	6.34	5.23	7.13	5.39	4.95	5.97	5.75	6.43	5.48	5.48	8.37

TP : Taipei ; TC : Taichung.

z Means with the same letter within each column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

y from booting to dough stages.

表 3. 臺北及臺中地區秈型水稻品種之乾物質生產性狀

Table 3. Characters related to dry matter production for 15 Indica rice cultivars in Taipei and Taichung areas

Cultivar	Dry Wt. at Harvest (g/hill)				Leaf Area Index at Heading				Leaf Area Duration[y] (day)				Leaf N (%) at Heading			
	1st Crop		2nd Crop		1st Crop		2nd Crop		1st Crop		2nd Crop		1st Crop		2nd Crop	
	TP	TC	TP	TC	TP	TC	TP	TC	TP	TC	TP	TC	TP	TC	TP	TC
早熟品種																
16. 包葉菊	866g[z]	972h	844def	940g	3.79fg	4.24bc	3.83fe	3.52c	29.2l	33.9i	29.2ef	30.1b	3.26c	1.76c	2.92j	2.19e
17. 矮腳南特	884efg	996fg	846cd	930fg	3.68hi	4.39abc	3.88de	3.27c	32.1g	35.9fg	32.1g	29.9b	2.94i	2.17cd	3.40c	2.62b
18. 夾葉青 8 號	876g	1,038de	840ef	980e	3.98e	4.80abc	3.86de	3.56bc	35.4a	37.0de	35.4a	31.5b	2.75k	2.20bc	3.56a	2.02f
19. 珍珠矮11號	880efg	1,008f	848ed	936fg	3.82f	4.58abc	3.92cd	3.33c	32.7hi	36.4ef	32.7hi	29.1b	3.38b	2.15d	3.28e	2.77a
20. 南特22號	868fg	972h	846de	942fg	3.71gh	4.64abc	3.80efg	3.48c	31.0k	34.7h	31.0k	30.4b	3.58a	2.61a	3.16i	2.46c
中熟品種																
21. 新竹矮腳尖	928abc	978gh	886abc	864h	3.65hi	4.28bc	3.74g	3.15c	34.6cd	35.5gh	34.6cd	28.0b	3.14fg	2.11e	3.51b	1.92h
22. 臺中再來1號	896de	1,060cd	850de	986de	4.23bc	4.90ab	4.12b	3.30c	33.0gh	37.6cd	33.0gh	31.0b	3.10fg	1.93g	3.35d	2.23d
23. 臺中秈 2 號	884ef	990gh	822f	922g	3.82f	4.16c	3.65h	3.18c	32.4ij	35.3gh	32.4ij	28.9b	2.87j	2.07f	3.35d	1.82j
24. 臺中秈10號	922bc	1,108ab	902a	1,086a	4.32b	4.56abc	3.98c	4.20ab	34.2de	39.6b	34.2de	33.8a	3.04h	1.72i	3.23g	1.38m
25. 嘉農秈 8 號	932abc	1,034e	878b	974e	3.74fgh	4.44abc	3.62h	3.37c	33.6f	36.7e	33.6f	30.8b	2.77k	1.95g	3.18hi	1.95gh
26. 嘉農秈11號	944a	1,118a	898ab	1,038b	4.10d	4.61abc	4.29a	4.25a	35.2ab	40.7a	35.2ab	32.4a	3.24cd	1.66j	3.21fgh	1.72l
27. 臺中秈12號	928abc	1,054edc	898a	1,010c	4.50a	4.71abc	3.81efg	3.28c	33.4fg	38.3c	33.4fg	32.6c	3.11fg	2.22b	3.21fgh	1.97g
28. 高雄秈 7 號	934ab	1,096b	878bc	1,010c	3.58i	5.02a	4.07b	3.30c	34.8c	40.5a	34.8c	32.2a	3.20e	1.45l	3.41c	1.77k
晚熟品種																
29. 臺中秈 3 號	916cd	1,070c	834ef	1,004cd	4.15ec	4.73abc	3.94cd	3.72abc	33.4fg	37.9c	33.4fg	31.9a	3.16ef	1.60k	3.20ghi	1.88i
30. 嘉農秈 6 號	924bc	980gh	890ab	946f	3.80fg	4.30bc	3.77fg	3.29c	33.8ef	35.1gh	33.8ef	29.3b	2.94i	1.48l	3.25ef	1.75kl
Mean	905	1,032	865	971	3.92	4.52	3.89	3.48	33.3	37.0	33.3	30.8	3.10	1.94	3.28	2.03
SD	27.0	51.0	26.3	54.3	0.27	0.25	0.18	0.34	1.65	2.09	1.65	1.62	0.22	0.32	0.16	0.37
CV (%)	2.98	4.94	3.04	5.59	7.00	5.55	4.57	9.70	4.94	5.64	4.94	5.25	7.26	16.70	4.79	18.10

TP : Taipei ; TC : Taichung.

[z] Means with the same letter within each column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

[y] from booting to dough stages.

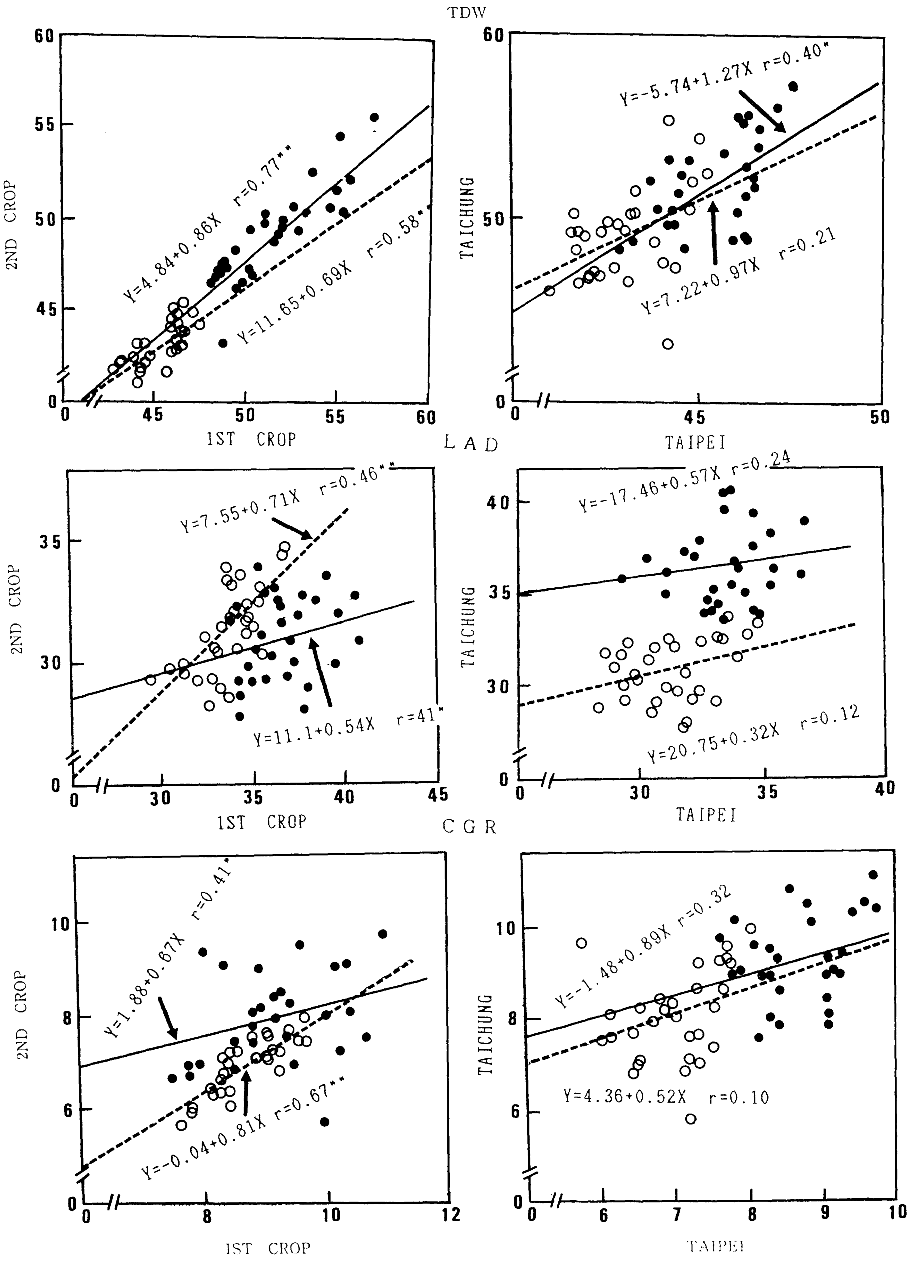

圖4. 水稻品種乾物質生產性狀之期作間（第一及第二期作）與地區間（臺北及臺中）之關係，*, ** : 各爲 5 %及 1 %之顯著水準。

Fig. 4. Relationship between crop seasons (1st and 2nd crops) and between locations (Taipei and Taichung) in the characters related to dry matter production for rice cultivars. * and ** are significant at 5 % and 1 % level, respectively.
TDW : total dty weight (g/hill) at maturity ; LAD : leaf area duration (LAI. day) from heading to milky stage ; CGR : crop growth rate (g.m−2.day−1) from booting to dough stage.
— : 1st crop, --- : 2nd crop. ○ : Taipei, ● : Taichung.

另一方面，高產品種如臺農67號、臺東29號、嘉農秈11號、臺中秈10號，大部份之葉片氮素濃度較低（表２、表３），惟由表６可知，葉片氮素濃度與產量雖呈現負相關，但未達顯著性水準。

(二)孕穗期至糊熟期之 CGR 及NAR 之變動。

1. 期作間、地區間之差異

圖２及圖２表示供試材料在不同生育期（孕穗期～糊熟期）CGR 及 NAR 之變化情形，由圖中可看出，秈稉型之 CGR 及NAR 之變化頗類似，皆呈現山峰型，即抽穗期～乳熟期之 CGR 及 NAR 爲高峰，兩者（CGR、NAR）於A～B（孕穗期～抽穗期）及 B～C（抽穗期～乳熟期）相差無幾，B～C 與 C～D（乳熟期～糊熟期）之差距較大，CGR 約2.5～6.1g・m^{-2}・day^{-1}而NAR 約1.3～3.2g・m^{-2}・day^{-1}。

期作間之差異，除了臺中地區之第二期作 NAR 大於第一期作之外，其他第一期作之CGR 及 NAR 皆高於第二期作。

至於地區間之關係，除了二期作稉稻及兩期作秈稻之 CGR（C～D；乳熟期～糊熟期）之外，其餘臺中地區之 CGR 皆大於臺北地區。而 NAR 的情形，除了一期作孕穗期～抽穗期、稉稻一期作與兩期作秈稻孔熟期～糊熟期 NAR 之外，其他皆爲臺中地區較高。

兩者（CGR、NAR）之地區間差異，秈稉型皆在二期作 A～B （孕穗期～抽熟期）或 B～C（抽穗期～乳熟期）之生育期間地區間差距較大。

2. 品種間差異

由表４及表５顯示，如上述秈稉稻高產或低產品種之 CGR（孕穗期～糊熟期），不論何種環境（期作，地區）大致分別出現較高或較低的趨勢，表６亦反應出水稻品種產量與 CGR 之相關係數皆呈現顯著性之正相關，可知 CGR 與產量潛能具有密切關係。而環境間（期作間、地區間）之品種相關係數（圖４），但唯有 CGR 之期作間品種相關係數呈現極顯著之正相關，而地區間品種相關係數較小，未達到顯著性水準，則本試驗供試品種之 CGR 在兩地區（臺北、臺中）之表現不一致亦不穩定，因此可否以 CGR 同時當爲兩地區水稻之高產品種選拔指標，還要分區考量。

表4. 臺北及臺中地區稉型水稻品種孕穗期至糊熟期之作物生長速率及淨同化率

Table 4. Crop growth rate (CGR) and net assimilation rate (NAR) from booting to dough stages of 15 Japonica rice cultivars cultivarted in Taipei and Taichung areas.

Cultivar	CGR ($g.m^{-2}.day^{-1}$)				NAR ($g.m^{-2}.day^{-1}$)			
	1st Crop		2nd Crop		1st Crop		2nd Crop	
	Taipei	Taichung	Taipei	Taichung	Taipei	Taichung	Taipei	Taichung
早熟品種								
1. 臺中186號	9.10dz	8.36i	7.76bc	9.18b	2.45def	2.64ab	2.46a	3.02ab
2. 高雄選 1 號	8.32fg	9.42e	6.47h	7.66ef	2.53cd	2.42ab	2.03g	2.53gh
3. 豐錦	8.85e	10.411b	7.56cde	9.18b	2.50d	2.84a	2.33c	2.93bc
中熟品種								
4. 臺北309號	9.76a	10.28c	7.54e	7.34fg	2.63b	2.50ab	2.21f	2.70ef
5. 臺農62號	9.62ab	10.46b	7.57de	8.15d	2.50de	2.55ab	2.32cd	3.01ab
6. 臺農67號	9.72a	11.02a	8.07a	9.83a	2.51d	2.58ab	2.27de	3.10a
7. 嘉農242號	8.32fg	7.97j	7.21f	7.06gh	2.41ef	2.42ab	2.43a	2.43hi
8. 臺南 5 號	9.44bc	10.22c	7.80b	9.12b	2.75a	2.69ab	2.33c	2.90bc
9. 臺南 6 號	9.32cd	9.32f	7.32f	8.57c	2.64b	2.63ab	2.22ef	2.86cd
10. 高雄139號	8.22fg	8.86h	6.56h	8.20cd	2.39f	2.36b	1.98gh	2.69ef
晚熟品種								
11. 新竹56號	9.10d	8.85h	7.23f	7.56f	2.67ab	2.45ab	2.41a	3.01ab
12. 臺中65號	8.43f	9.23g	7.07g	8.02de	2.28g	2.45ab	2.34bc	2.96bc
13. 嘉南號 8 號	8.18g	7.51k	6.44h	6.80h	2.61bc	2.29b	1.95h	2.33i
14. 高雄140號	8.13g	9.53d	6.54h	7.06gh	2.39f	2.57ab	2.03g	2.60fg
15. 臺東29號	9.12d	9.24g	7.69bcd	3.55c	2.39f	2.31b	2.40ab	2.75de
Mean	8.91	9.38	7.26	8.15	2.51	2.51	2.25	2.79
SD	0.60	0.98	0.54	0.91	0.13	0.15	0.17	0.27
CV(%)	6.70	10.50	7.41	11.20	5.16	5.99	7.63	8.44

Means with the same letter within each column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

表5. 臺北及臺中地區秈型水稻品種孕穗期至糊熟期之作物生長速率及淨同化率

Table 5. Crop growth rate (CGR) and net assimilation rate (NAR) from booting to dough stages of 15 Indica rice cultivars cultivated in Taipei and Taichung areas.

Cultivar	CGR ($g.m^{-2}.day^{-1}$)				NAR ($g.m^{-2}.day^{-1}$)			
	1st Crop		2nd Crop		1st Crop		2nd Crop	
	Taipei	Taichung	Taipei	Taichung	Taipei	Taichung	Taipei	Taichung
早熟品種								
16. 包葉菊	7.85z1	8.97f	6.16g	8.09g	2.47e	2.64bc	1.87fg	2.67abc
17. 矮腳南特	7.93e	9.66d	7.00d	8.28e	2.58cd	2.89a	2.08cd	2.92a
18. 夾葉青 8 號	7.65f	8.84g	5.77h	8.64c	2.18g	2.32cdef	1.65j	2.73abc
19. 珍珠矮11號	8.32d	8.85g	6.74e	7.88h	2.56d	2.43cdef	1.88ef	2.80ab
20. 南特22號	7.81ef	8.03i	6.03g	7.50k	2.39f	2.13hij	1.75i	2.46bcd
中熟品種								
21. 新竹矮腳尖	8.46cd	7.78j	7.33b	7.02l	2.70ab	2.42fghij	2.14ab	2.53abc
22. 臺中再來1號	8.34d	9.48e	6.85de	8.39d	2.64bc	2.37gh	1.87efg	2.74ab
23. 臺中秈 2 號	8.47cd	8.54h	6.15g	7.54j	2.74a	2.62bcd	1.84fg	2.96a
24. 臺中秈10號	9.12a	10.01c	7.74a	9.47a	2.36f	2.55bcde	2.12abc	2.69abc
25. 嘉農秈 8 號	9.12a	8.97f	7.16c	6.82n	2.55d	2.23fghij	2.09bcd	2.31cd
26. 嘉農秈11號	9.20a	10.73a	7.36b	9.12b	2.53de	2.74ab	1.93e	2.60abc
27. 臺中秈12號	8.60c	8.87g	7.34b	7.60i	2.39f	2.18ghij	2.15a	2.39bcd
28. 高雄秈 7 號	9.29a	10.06b	6.89de	8.18f	2.77a	2.39defg	1.81gh	2.04abc
29. 臺中秈 3 號	8.46cd	8.55h	6.50f	6.96m	2.25g	2.07j	1.78hi	2.10d
30. 嘉農秈 6 號	8.91b	7.77j	7.21bc	5.80p	2.54de	2.11ij	2.05d	2.09d
Mean	8.50	9.01	6.82	7.82	2.51	2.39	1.93	2.58
SD	0.54	0.85	0.58	0.95	0.17	0.25	0.16	0.26
CV (%)	6.34	9.49	8.49	12.10	6.84	10.40	8.27	10.20

Means with the same letter within each column are not significantly different at 5% lerel by Duncan's mutiple range test.

至於秈稉型品種 NAR 之表現，由表 6 得知，唯第二期作臺北地區品種產量與 NAR 之相關係數呈現顯著性之正相關，其餘相關係數低，無法看出水稻品種產量在不同環境條件下與 NAR 之關係趨勢。

表6. 稉型及秈型水稻品種產量與乾物質生產性狀之相關係數

Table 6. Correlation coefficients between grain yield and characters related to dry matter production for Japonica and Indica rice cultivars

Characters	First Crop				Second Crop			
	Taipei		Taichung		Taipei		Taichung	
	Japonica	Indica	Japonica	Indica	Japonica	Indica	Japonica	Indica
Total dry wt.[w]	0.92**	0.91**	0.92**	0.78**	0.97**	0.85**	0.88**	0.80**
LAI[x]	0.23	0.19	0.54**	0.66**	0.59**	0.14	0.56*	0.63*
LAD[y]	0.96**	0.83**	0.87**	0.85**	0.93**	0.94**	0.90**	0.97**
Leaf N[x]	−0.15	−0.27	−0.24	−0.11	−0.06	−0.05	−0.16	−0.45
CGR[z]	0.90**	0.87**	0.76**	0.73**	0.89**	0.81**	0.73**	0.61**
NAR[z]	0.36	0.28	0.37	0.23	0.63**	0.74**	0.27	−0.07

* and ** are significant at 5 % and 1 % levels, respectively.
z from booting to dough stage
y duration from heading to milky stage
x at heading
w at maturity

討　論

由前試驗結果[13]得知，秈稉型水稻之產量於期作間或地區間皆有差異，以乾物質生產性狀（總乾物重、LAI、LAD、葉片氮素濃度、CGR 及NAR），作爲探討期作間或地區間產量差異之要因。並探討水稻品種於不同期作或地區，對於上述性狀之表現狀況。如下列以分區作爲探討。

一、臺北地區期作間乾物質生產性狀差異之原因

前報[13]曾指出第一期作水稻之生育經由低溫、低日射量至高氣溫、高日射量。因此生育初期受低氣溫之影響、移植後氣溫爲18°C左右。又日射量亦低約200cal・cm^{-2}・day^{-1}，分蘗易受抑制，又分蘗期延長以致無效分蘗增多，一般受害程度，秈型品種較嚴重，成熟期之穗數亦比稉型品種較低。又前報[12,17]得知，稉型品種之平均穗數，兩期作相似。秈型品種第一期作之平均穗數反而低於第二期作，並認爲可能秈稉型品種對於氣溫反應差異所致，陳[6]認爲秈稻之分蘗易受溫度之影響。在這環境下高產品種稉型有臺農67號、臺東29號、臺農62號及秈型爲嘉農秈11號、臺中秈10號，皆屬於穗數較多之穗數型品種。

第一期作分蘗期天候漸好，至穀粒充實期平均氣溫及日射量各爲約28°C與300 cal・cm^{-2}・day^{-1}左右，水稻之生育及穀粒充實良好，因此由圖 2 與圖 3 可知，秈稉稻生育中後期（孕穗期～糊熟期）乾物質生產性狀之總乾物重、LAI、LAD、CGR 及 NAR 幾乎都比第二期作高。IRRI[19]認爲水稻抽穗後保持充份的葉面積有利於乾物質生產。津野[18]指出稻之豐收，需維持穀粒充實期作物生長速度之不墜。而謝[14]提及水稻生育中期及後期，NAR 控制乾物質生產。又本試驗之結果（表 6）得知，這些乾物質生產性狀絕大部份與產量呈現正相關，即這些性狀表現愈大則產量愈高的趨勢，推測此爲第一期作之產量高於第二期作之要因。

尚且第二期作生育初期因高氣溫及高日射量，如此條件之下，水稻生育旺盛，營養生長期間有縮短的可能，又據翁等[4]及劉[10]之試驗結果，抽穗前儲蓄於莖葉之同化產物，第二期作少於第一期作，

加以第二期作抽穗後又遇低氣溫及低日射量，可能使光合成能力（photosynthetic capacity）及光合成效率（photosynthetic efficiiency）減少[1]。基於上述理由，第二期作同化產物轉移至穀粒則有減少的可能。而翁[5]強調抽穗前儲藏於莖葉之碳水化合物乃抽穗後穗部之主要供源。則第二期作之減產乃抽穗前之高溫及抽穗後低溫、低日射量之天候所致。

二、臺中地區第一、第二期作乾物質生產性狀差異要因及臺北、臺中地區該性狀差異之探討

臺中地區第一期作移植後氣象條件與臺北相近，至分蘗期兩地氣溫皆在22～23°C，但臺中之日射量約260～300cal/cm^2/day，較臺北之200cal/cm^2/day左右高（圖 1）。鈴木等[16]指出，氣溫暖和地區水稻分蘗期處於低氣溫環境，充分的日射量，有助於穗數的增加。或許基於此理由，臺中地區第一期作水稻分蘗期有較充分的日射量，有利於分蘗而增加其穗數。由前報[13]得知臺中地區第一期作之穗數高於第二期作，亦高於臺北地區。謝[15]曾指出水稻抽穗期或抽穗前其穗數與葉面積指數呈現高的正相關，即穗數的增加葉面積指數有提昇的趨勢。本研究亦顯示臺中地區第一期作之LAI 及 LAD 高於第二期作及臺北地區（圖 2，圖 3），同時臺中地區各生育時期（孕穗期～糊熟期）第一期作之 CGR 大於第二期作，由表 4 及表 5 知，孕穗期至糊熟期大部份品種之累積 CGR 臺中地區大於臺北地區，而兩地累積之 NAR（孕穗期～糊熟期）相近。津野[18]認爲 NAR 與 LAI 之乘積爲 CGR，並且穀粒充實期、作物生長速率之累積，幾乎與產量一致。因此爲要提昇產量，須維持穀粒充實期間之作物生長速率而不衰減。尙且本研究之總乾物重亦高於第二期作及臺北地區。

基於以上之探討得知，臺中地區第一期作之產量高於第二期作及臺北地區，主要由於穗數及葉面積等性狀所致。其次第二期作生育初期兩地區之氣象條件相近，臺中地區平均氣溫約30°C，最高氣溫亦接近35°C，分蘗易受抑制，導致穗數的減少，可能因此穗數較第一期作少。陳[6]指出，本省二期作稻分蘗期間之高氣溫（30°C）乃構成限制分蘗數之最主要生育環境條件。鈴木[16]等亦認爲水稻分蘗期間氣溫愈高穗數會趨於愈少。此乃稻二期作穗數較少之論點的佐證。如上述水稻抽穗期或抽穗前之穗數與 LAI 呈現高的正相關，因此二期作穗數的減少影響其他乾物質生產性狀（LAD、CGR 及總乾物重）的下降，而不如第一期作（圖 2、圖 3）的原因。

至於第二期作生育後期（抽穗期至成熟期），臺中地區之平均氣溫（21～25°C）及日射量（270～310cal/cm^2/day）高於臺北地區（平均氣溫16～20°C，日射量155～199cal/cm^2/day），此氣象條件有利於乾物質生產，因此臺中地區之總乾物重（圖 2、圖 3）及 CGR（表 4、表 5）大於臺北，又由於 CGR 與產量呈現顯著性之正相關（表 6），導致產量高於臺北地區。

綜合本試驗之結果與探討得知，不論期作或地區水稻生育過程中影響產量豐歉與否主要在於穗數與葉面積指數等性狀，其他總乾物重、LAD 及 CGR 等亦與產量潛能有關。如圖 4 這些乾物質生產性狀（總乾物重、LAD、及 CGR）之環境間（期作、地區間）品種相關係數均出現正相關，即這些性狀對於不同期作或地區之表現趨於穩定性，品種改良爲增產有效途徑之一，而以這些性狀可當爲選拔高產品系或高產品種之指標，並能於水稻生育中期作篩選工作。並由表 2 及表 3 得知，臺農67號、臺南 5 號、臺東29號、臺中秈10號及嘉農秈11號不論期作或地區，皆表現高乾物質生產性狀（總乾物重、LAI、LAD、CGR）及大部份是高穗數，可當爲雜交親本。據 Tsai[21]曾進行全互交試驗，發現臺農67號及臺中秈10號具有較高的一般組合力（GAC）。張等[11]及林[2]以此兩品種爲親本進行雜交育種，先後各育成新品種，如臺農70號及臺秈 1 號。

除了育種之外，栽培技術之改良亦是提昇產量之有效途徑，本研究室正進行「氣象因子對水稻產量及乾物質生產性狀之影響」試驗，爲觀察氣象因子與水稻生育各期之乾物質生產性狀（總乾物重、LAI、LAD、CGR等）及收穫期產量之關係，在水稻之生產現場，把握氣象因子之變化經過而對各生育時期之生育狀態，作精確之評定，日後建立統計學的模式，由氣象因子作爲預測適時之施肥、灌排水及病蟲害防治之栽培管理技術，以提昇或穩定水稻產量爲目的。

誌　謝

本報告承日本東京大學 Takeda Genkichi 教授指導及斧正，謹此致謝。

引用文獻

1. 林安秋。1979。一、二期作水稻群落光合作用之比較。臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集。85-90頁。行政院國家科學委員會研討會專集第二號。行政院國家科學委員會。臺北。
2. 林再發。1988。臺秈1號之育成。臺中區農業改良場研究彙報　21：3-13。
3. 吳育郎、鐘德月、林富雄。1979。高屏地區二期作稻增產之措施及其成效。臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集　227-243頁。行政院國家科學委員會研討會專集第二號。行政院國家科學委員會。臺北。
4. 翁仁憲、武田友四郎、縣和一。箱山普　1982水稻の子實生產に關する物質生產的研究。日作紀　51(4)：500-509。
5. 翁仁憲、陳淸義。1984。臺灣水稻之光合作用、物質生產及穀實生產特性第一、二期作水稻之物質生產與穀實生產特性。中華農學會報　125：4-13。
6. 陳建山。1979。第一、二期作水稻之分蘖特性比較。臺灣二期作稻低產原因及解決方法研討會專集。61-74頁。行政院國家科學委員會研討會專集第二號。行政院國家科學委員會。臺北。
7. 黃眞生。1979。臺灣水稻第二期作之低產情況。臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集。23-27頁。行政院國家科學委員會專集第二號。行政院國家科學委員會。臺北。
8. 黃眞生。1979。臺灣水稻第二期作低產之原因。臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集。29-36頁。行政院國家科學委員會專集第二號。行政院國家科學委員會，臺北。
9. 鄔宏潘、廖雲英、錢美華、林燦隆、陳一心、王銀波、蔡國海、吳來貴、張萬來、林富雄、吳育郎。1975。第二期作低產原因之探討。科學發展月刊　3(10)：5-39。
10. 劉大江。1979。水稻各生育期溫度對碳水化合物累積與轉流之影響。臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集。101-111頁。行政院國家科學委員會研討會專集第二號。行政院國家科學委員會。臺北。
11. 臺灣稻作品種圖誌。1987。行政院農業委員會。臺灣省政府農林廳。亞太糧食肥料技術中心編印。
12. 蔡金川。1978。水稻生育各期溫度及遮光對產量及其構成因素之影響。科學農業　26(5-6)：194-201。
13. 蔡金川。1989。氣溫與日射量對水稻期作性與地區性產量差異之影響。中華農業研究　38(1)：19-29。
14. 謝昱暐。1978。一、二期作水稻之生長與光合作用構成因子。臺灣二期作稻低產原因及解決方法研討會專集。91-100頁。行政院國家科學委員會研討會專集第二號。行政院國家科學委員會。臺北。
15. 謝昱暐。1978。硝酸態氮及氨態氮對水稻群落光合作用構成因子與產量構成因素的影響。科學發展月刊　6(9)：828-841。
16. 鈴木守、中村公則。1978。暖地水稻の收量成立過程における氣象要因の影響に關する二、三の解析。日作紀　47(4)：529-525。
17. 蔡金川。1990。臺灣における水稻育種のための生態學的研究。學位論文。東京大學出版。
18. 津野幸人。1970。イネの科學一多收技術の見方考え方。農山漁村文化協會。
19. International Rice Research Institute 1970. Annual Report, pp. 30-140. Los Banos, philippines.
20. Sivakumar M. V. K. and R. H. shaw 1978. Methods of growth analysis in field grown soybean (Glycine Max (L.) Merrill). Ann. Bot. 42, 213-222.
21. Tsia, J. C. 1989. Diallel analysis of characters related to grain yield and dry matter production in Japonica and Indica rice cultivars The 6th International Congress of SABRAO, Tsukuba, Japan.

Rice Varietal Difference in Characteristics Related to Dry Matter Production in Different Environment.[1]

Jin-Chuan Tsai[2]

Summary

Fifteen japonica and 15 indica rice cultivars were grown in the field for two crop seasons both in Taipei and Taichung. Samples were taken at 4 different growth stages (booting, heading, milky and dough stage) during each season to obtain data of leaf atea index (LAI), leaf area duration (LAD), leaf N concentration, the amount of dry matter accumulated (DMA), crop growth rate (CGR), and net assimilation rate (NAR). It is aim to elucidate the differences in the dry matter production of rice cultivars between the first and second rice crop grown in Taipei and Taichung area, in order to clarify the causes of low yield of the second crop. Information derived from this study should be of value as indices for future varietal improvement in rice.

The second crop was under environments of high temperature and high solar radiation first and then markedly to lower temperature and lower solar radiation at harvest. But the changes of climatic factors of the first crop was in reverse trend. The day/night temperature difference in Taichung was larger than that in Taipei, while the solar radiation in Taichung was also higher than Taipei except the month of July.

Experimental results indicated that generally DMA, LAD and CGR were higher for the first crop than for the second crop, and higher in Taichung area than in Taipei area. These characteristics showed a significant positive correlation with yield, suggesting that the sufficient DMA, LAD and CGR could increase the grown yield. They were all significant at 1 % level when the comparisons were made among varieties, and between crop seasons, and between areas.

Five varieties, namely Tainung 67, Tainan 5, Taitung 29, Taichung sen 10 and Chianung sen 11 yielded better than other varieties regardless of location and crop season. They all had higher values of DMA, LAD and CGR. And the positive correlation existed between crop seasons and between locations for those characteristics. The characteristics of DMA, LAD and CGR can be used as the selected marker for the varieties of high yield potential.

Key words: Dry matter production, Leaf area index(LAI), Leaf area duration(LAD), Crop growth rate (CGR) ′ Net assimilation rate (NAR).

---

1. Contribution No.1701 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Associate researcher TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.